

FATEC – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

MAURÍCIO DE PAULA LEÃO

ESTUDO DO CONSUMO DE SAL NO PROCESSO DE TINGIMENTO DIRETO

AMERICANA

2018

MAURÍCIO DE PAULA LEÃO

ESTUDO DO CONSUMO DE SAL NO PROCESSO DE TINGIMENTO DIRETO

Trabalho apresentado à banca examinadora da Faculdade de Tecnologia de Americana, como requisito para a obtenção do título de tecnólogo em Produção Têxtil, sob a orientação do professor Daives Arakem Bergamasco.

AMERICANA
2018

FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Fatec Americana - CEETEPS
Dados Internacionais de Catalogação-na-fonte

L477e LEÃO, Maurício de Paula .

Estudo do consumo de sal no processo de tingimento direto. /
Maurício de Paula Leão.. – Americana, 2018.

47f.

Monografia (Curso de Tecnologia em Produção Têxtil) - - Faculdade
de Tecnologia de Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica
Paula Souza

Orientador: Prof. Dr. Daives Arakem Bergamasco

1 Tingimento 2. Corante I. BERGAMASCO, Daives Arakem II.
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de
Tecnologia de Americana

CDU: 677.027.4



Faculdade de Tecnologia de Americana

MAURÍCIO DE PAULA LEÃO

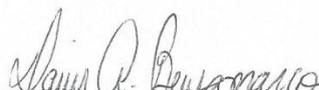
ESTUDO DO CONSUMO DE SAL NO PROCESSO DE TINGIMENTO DIRETO

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil pelo Centro Paula Souza – FATEC Faculdade de Tecnologia de Americana.

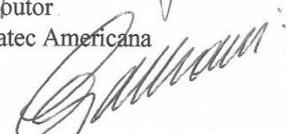
Área de concentração: Tecnologia em Produção Textil.

Americana, 29 de Junho de 2018.

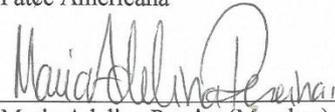
Banca Examinadora:



Daives A. Bergamasco (Presidente)
Doutor
Fatec Americana



Miguel Ronaldo Galhani (Membro)
Especialista
Fatec Americana



Maria Adelina Pereira (Membro)
Mestre
Fatec Americana

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade e seu corpo docente, que oportunizaram a ampliação dos meus conhecimentos.

A empresa Tinturaria e Estamparia Primor pela colaboração e incentivo.

Ao meu orientador Daives Arakem Bergamasco pelo suporte do tempo que lhe coube, pelas suas correções e motivação desde o início do curso.

A minha família, em especial minha esposa pela parceria e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise do consumo de sal dentro da tinturaria, para tingimento com corantes diretos, afim de verificar a viabilidade da tabela de consumo de cloreto de sódio apresentado pelo fornecedor de corante, sendo a mesma usada como padrão para tingimento. Uma vez que o sal é um dos principais produtos utilizados dentro da tinturaria e também responsável por manutenção de maquinários e peças, observou-se a necessidade de um estudo mais detalhado sobre a possibilidade da redução do uso do cloreto de sódio nos tingimentos de corantes diretos, de modo que o mesmo não afetasse a qualidade do produto final, para isso, foi-se utilizado a metodologia de análise de cor por espectrofotometria e avaliação de solidez, além de apresentar uma redução em termos de valor econômico. Com isso, pode-se chegar a um resultado que não apenas reduza o consumo do sal, mas como ajude com a manutenção dentro da empresa e diminua o descarte de material nocivo ao meio ambiente.

Palavras-chave: Corante; Cloreto de sódio; Espectrofotômetro; Tingimento; Algodão.

ABSTRACT

This work presents an analysis of salt consumption in dyeing for direct dye dyeing in order to verify the viability of the sodium chloride consumption table presented by the dye supplier and is used as a dyeing standard. Once salt is one of the main products used in dyeing and also responsible for maintenance of machinery and parts, it was observed the need for a more detailed study on the possibility of reducing the use of sodium chloride in direct dye dyeings, so that it did not affect the quality of the final product, for that, the methodology of color analysis by spectrophotometry and solidity evaluation was used, in addition to presenting a reduction in terms of economic value. With this, you can achieve a result that not only reduces salt consumption, but also helps with maintenance within the company and decreases the disposal of harmful material to the environment.

Keywords: Dye; Sodium chloride; Spectrophotometer; Dyeing; Cotton.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1	ALGODÃO	3
2.1.1.	Composição Química	4
2.1.2.	Propriedades Químicas do Algodão	4
2.2.	CORANTES DIRETOS	5
2.2.1.	Estrutura Química	5
2.2.2.	Classificação dos Corantes Diretos.....	7
2.2.3.	Fatores que Influenciam o Processo de Tingimento	8
2.3.	COLORIMETRIA	9
2.3.1.	Espaço colorimétrico CIELAB	10
2.3.2.	Espectrofotômetro	11
2.4.	PROCESSO DE TINGIMENTO	15
2.4.1	Teoria do tingimento – Cinética e Termodinâmica	16
2.4.2.	Influência da estrutura da fibra na absorção do corante	20
2.4.3.	Permeabilidade das fibras.....	21
2.4.4.	Constituição Química da Fibra	22
2.4.5.	Ação dos agentes químicos no processo de tingimento	23
3	MÉTODOS E PROCESSOS	25
3.1.	PROCESSO DE TINGIMENTO	27
3.2.	AVALIAÇÃO DE COR.....	28
3.2.1.	Espectrofotômetro	28
3.2.2.	Crockmeter.....	29
4	RESULTADOS	31
4.1.	AVALIAÇÃO DE SOLIDEZ	39

4.2. CONSUMO DE SAL NA TINTURARIA PRIMOR.....	44
5 CONCLUSÃO	45
6 BIBLIOGRAFIA	46

1 INTRODUÇÃO

O setor industrial têxtil atualmente vem sofrendo muito com a competitividade do mercado externo, em especial, com a concorrência de produtos chineses, que possuem mão de obra barata e são em boa parte produtores da matéria prima.

O Brasil perdeu sua competitividade e se vê cada dia mais a necessidade de redução dos custos do processo produtivo, bem como, o valor final do produto. Sendo assim, analisar cada possibilidade onde possa reduzir o consumo de matéria prima ou de processo é um grande ganho para o setor.

Este trabalho teve como principal objetivo descobrir se havia a possibilidade de redução do consumo do sal no processo de tingimento direto dentro da tinturaria com tecido 100% algodão, de modo que, não interferíssemos na qualidade final do produto.

Além do mais, a redução do consumo de sal, representa uma economia significativa de produto na tinturaria.

Uma vez que o sal é também um dos responsáveis pela manutenção de equipamentos devido ao residual deixados nos maquinários, bem como o descarte ao meio ambiente.

O estudo foi realizado dentro de uma indústria têxtil, a Estamparia e Tinturaria Primor, com valores reais do consumo atual, usando como parâmetro de medição a tabela de sal do fornecedor de corantes da empresa a TMX.

Uma análise totalmente prática e de grande valor para as empresas do segmento, para que tenhamos um consumo mais consciente, preservando o meio ambiente e melhorando o nosso sistema de produção, promovendo uma economia considerável.

2 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

A tintura de tecidos é uma arte que começou há milhares de anos e a disponibilidade comercial de corantes é enorme. A tecnologia moderna no tingimento consiste de dúzias de etapas que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com o destino do material a ser tingido, considerações econômicas e muitas outras.

Durante o processo de tingimento três etapas são consideradas importantes: a montagem, a fixação e o tratamento final. A fixação do corante à fibra é feita através de reações químicas, da simples insolubilização do corante ou de derivados gerados e ocorre usualmente em diferentes etapas durante a fase de montagem e fixação. Entretanto, todo processo de tintura envolve como operação final uma etapa de lavagem em banhos correntes para retirada do excesso de corante original ou corante hidrolisado não fixado à fibra nas etapas precedentes.

O processo de tingimento é um dos fatores fundamentais no sucesso comercial dos produtos têxteis. Além da padronagem e beleza da cor, o consumidor normalmente exige algumas características básicas do produto, como, elevado grau de fixação em relação à luz, lavagem e transpiração, tanto inicialmente quanto após uso prolongado. Para garantir essas propriedades, as substâncias que conferem coloração à fibra devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração, resistência aos agentes desencadeadores do desbotamento e ainda apresentar-se viável economicamente.

Em virtude desta demanda, vários milhões de compostos químicos coloridos têm sido sintetizados nos últimos 100 anos, dos quais cerca de 10.000 são produzidos em escala industrial. Entretanto, estima-se que atualmente 2.000 tipos de corantes estão disponíveis para a indústria têxtil. Essa diversidade é justificada, uma vez que cada tipo de fibra a ser colorida requer corantes com características próprias e bem definidas (GARATINI, ZANONI 2000).

2.1 ALGODÃO

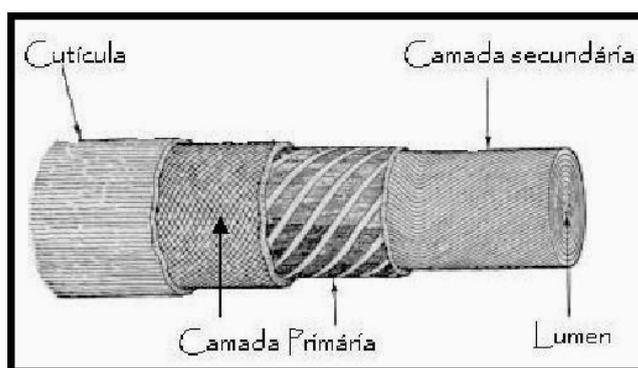
A fibra de algodão é obtida a partir dos frutos de algumas espécies do gênero *Gossypium* da família da Malvacea. Sendo um pêlo que se desenvolve de uma única célula epidêmica do tegumento externo da semente, um tricoma.

As fibras podem variar em comprimento, desde curtas (4mm), denominadas línter, até longas (60mm), segundo as variedades (Maluf e Kolbe, 2003).

Após o florescimento da planta *Gossypium*, células individuais na epiderme das sementes que estão contidos no capulho começam a crescer na direção longitudinal até seu comprimento ter aumentado cerca de mil vezes, levando aproximadamente 20 dias (Maluf e Kolbe, 2003).

Estas células consistem essencialmente de seiva envolvida por uma membrana ou cutícula contendo pectina, proteína e cera. Esta membrana desenvolve internamente uma fina camada de celulose, para formar a parede primária da fibra. Ao atingir seu comprimento final, inicia-se a formação da parede secundária de celulose, da parte externa para a interna, até atingir a maturidade, diminuindo o teor de pectina e aumentando o teor de cera, resultando em um aumento da resistência longitudinal da fibra (Maluf e Kolbe, 2003).

Figura 1 – Estrutura da Fibra de algodão



Fonte: <<http://teoriasdoeins.blogspot.com.br/2014/01/morfologia-da-fibra-de-algodao.html>>

De acordo com Medina (1959), em termos de quantidade e valor, o algodão constitui-se na principal fibra têxtil da humanidade. Além das fibras têxteis, o algodoeiro fornece o línter e hull-fiber, utilizados na fabricação do

papel e viscoso, o óleo combustível, extraído das sementes e a torta como subprodutos.

2.1.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A fibra de algodão é constituída principalmente de celulose, que representa a maior parte de sua composição química. A cadeia de celulose é composta de moléculas de glicose. Depois da celulose, a cera tem grande importância na fibra de algodão, sendo esta responsável pelo controle de adsorção de água pela fibra, atuando ainda como lubrificante entre as fibras durante os processos de estiragem na fiação (MORAES, 2010).

Tabela 1 – Composição Percentual da Fibra de Algodão

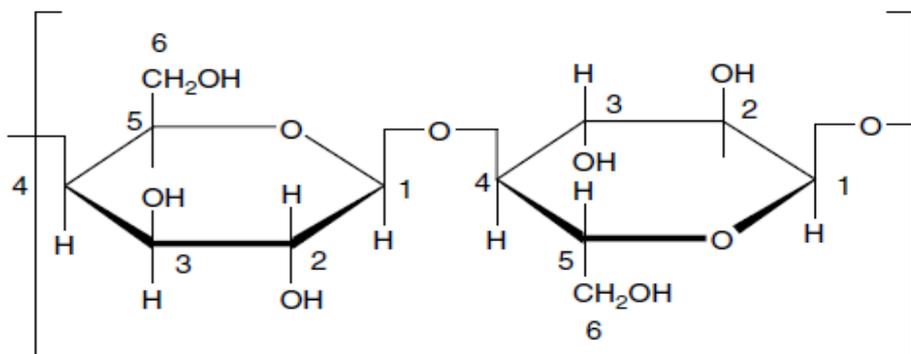
Celulose 85,5%
Óleo e Cera 0,5%
Proteínas, Pectoses e Pigmentos 5,0%
Substância Mineral 1,0%
Umidade 8,0%

Fonte: GONÇALVES, 2003

2.1.2 Propriedades Químicas do Algodão

A celulose é uma substância complexa de fórmula $C_6H_{10}O_5$ cuja fórmula estrutural se encontra representada na figura.

Figura 2 - Fórmula estrutural da celulose



Fonte: GONÇALVES, 2003.

Nas fibras de algodão, a celulose aparece em longas cadeias de moléculas unidas pelo grupo OH. Estas longas cadeias encontram-se dispostas paralelamente formando uma espiral. Esta disposição confere à fibra uma grande resistência à tração e estabilidade dimensional (GONÇALVES, 2017).

O grande número de grupos hidroxilo presentes nas fibras são responsáveis pela sua hidrofiliidade e condicionam as suas propriedades tintoriais.

Soluções alcalinas pouco concentradas provocam o inchamento das fibras, podendo, no entanto, ocorrer degradação significativa das mesmas, na presença de concentrações mais elevadas, a altas temperaturas, em especial na presença de oxigênio.

2.2 CORANTES DIRETOS

Os corantes diretos são também chamados corantes substantivos. São conhecidos com estas denominações devido à sua grande substantividade para com as fibras celulósicas, tingindo-as diretamente, o que não ocorria antes de 1884, quando as fibras celulósicas eram tingidas somente com corantes básicos pré mordentados ou com índigo vegetal.

Os corantes diretos são relativamente econômicos, quando comparados com outras classes de corantes para celulose.

A solidez à luz desses corantes pode variar desde tingimentos bem sólidos à luz, até outros pouco sólidos. Também, as suas solidez aos tratamentos úmidos variam muito, porém na melhor das hipóteses são medíocres. Essas solidez podem, em muitos corantes, ser melhoradas com tratamentos posteriores.

2.2.1 Estrutura Química

A maioria dos corantes diretos é constituída de compostos azoicos sulfonados, muito semelhantes aos corantes ácidos, porém, em geral com cadeias mais longas. Dada essa semelhança, alguns corantes diretos tingem também a lã, seda e poliamida.

Um corante direto para ser substantivo para com a celulose deve atender aos requisitos:

Linearidade – O corante deve situar-se paralelamente à celulose para poder estabelecer as ligações por pontes de hidrogênio. Para isso precisa ter uma estrutura linear.

Coplanaridade – Pelo mesmo motivo deve estar inteiramente no mesmo plano.

Pontes de Hidrogênio – Como mencionamos anteriormente, o corante deve ter grupos químicos que possibilitem as ligações por pontes de hidrogênio. Tais grupos podem ser amínicos, fenólicos, azoicos ou amídicos.

Sistemas conjugados de duplas ligações (grupo azo) – Estes sistemas favorecem a linearidade e coplanaridade.

Grupos solubilizantes – São grupos sulfônicos localizados em posição oposta aos grupos que fazem as pontes de hidrogênio.

As fibras celulósicas contêm regiões amorfas e cristalinas, que, quando imersas em água adquirem potencial negativo, repelindo os ânions do corante, portanto, fibra e corante tem a mesma polaridade (são aniônicos).

Os corantes diretos são sais de sódio de um ácido sulfônico de cadeia longa e plana. A solubilidade desses corantes é devida a sua ionização:



Apesar da ionização, os corantes diretos têm tendência a formar agregados (micelas) no banho de tingimento.

Na medida em que a temperatura aumenta, o tamanho dos agregados diminui podendo chegar ao tamanho molecular, o que facilita a difusão dos agregados menores nos poros da região amorfa.

A introdução do eletrólito no banho (NaCl ou Na₂SO₄) aumenta a afinidade do corante devido:

- O cátion Na, por ser de menor tamanho entra inicialmente nos capilares da fibra celulósica, neutralizando a sua carga negativa e reduzindo a repulsão do corante.
- O eletrólito atua sobre o estado de agregação do corante (o corante penetra na fibra na forma de pequenos agregados).

Como citado anteriormente, pela ação da temperatura mais o eletrólito, formam-se nos pequenos aglomerados e/ou moléculas não dissociadas são retiradas do banho, o equilíbrio se quebra e pela ação do eletrólito formando

mais moléculas não dissociadas ou pequenos agregados, que são adsorvidos pela fibra.

Excesso de eletrólito acelera este desequilíbrio, causando tingimento desigual e má solidez à fricção.

Na medida em que o corante é adsorvido e difundido na parte amorfa, ele vai passando por difusão para a região cristalina.

Já dentro da fibra, o corante se localiza no sentido longitudinal da fibra celulósica e se liga a esta por pontes de hidrogênio: grupo azo, amínicos, amídicos ou fenólicos, sempre presentes nas moléculas dos corantes ligam-se às hidroxilas da celulose por pontes de H.

Cabe, ainda, mencionar que a solidez medíocre dos tingimentos com corantes diretos em fibras celulósicas é explicável devido à fraca ligação por pontes de hidrogênio, o que não acontece com outras classes de corantes, onde ocorrem ligações eletrovalentes ou covalentes.

2.2.2 Classificação dos Corantes Diretos

De acordo com a “Society of Dyers and Colourists” da Inglaterra classifica os corantes diretos em 3 grupos:

1) Classe A - Nivelamento próprio.

São os corantes que migram bem e por isso têm alto poder de nivelamento. Podem tingir desniveladamente no início, mas posteriormente, a fervura ocasionará mesmo, a distribuição.

2) Classe B - Salinidade controlável.

A exaustão dos corantes com poder de nivelamento fraco, deve ser ocasionada pela adição controlada de sal. Se esses corantes não forem absorvidos uniformemente nos estágios iniciais é extremamente difícil corrigir o desnivelamento.

3) Classe C - Temperatura controlável.

Os corantes desta classe não possuem autonivelamento sendo altamente sensíveis ao sal. A exaustão destes corantes não pode ser

adequadamente controlada pela adição, unicamente, do sal, e requerem o controle adicional pela temperatura.

2.2.3 Fatores que Influenciam o Processo de Tingimento

1) Adição do eletrólito

As fibras celulósicas assumem uma carga negativa quando mergulhadas na água. Isto tem o efeito de repelir os íons de igual modo carregados de corante substantivo. O eletrólito (sal) reduz ou extingue a carga da fibra, assim facilitando a aproximação do íon corante para dentro do alcance no qual a ligação de hidrogênio ou as forças de *Vander Waals* podem tornar-se eficazes.

Quanto maior for o número de cargas eletronegativas o íon corante, maior será a repulsão exercida pela fibra, todavia, espera-se que a eficácia dos eletrólitos, ao promover a exaustão, varie diretamente com o número de grupos sulfônicos na molécula.

2) Temperatura

O aumento da temperatura diminui a quantidade de corante adsorvido pela fibra, no equilíbrio. Pelo aumento da energia cinética das moléculas, todavia, ele aumenta a velocidade que o equilíbrio é alcançado na temperatura em questão.

3) Relação de banho

O tingimento numa relação de banho menor é um fator importante de economia no consumo de corante. Para se produzir matiz denso, a quantidade de corante necessária aumenta, se a máquina for do tipo que requer uma alta relação de água no material. [Foulard 1:2 ou menor; Jigger 1:3 a 1:5; autoclave 1:5; meadas 1:20; Rama 1:30 a 1:40].

4) pH

Corantes diretos aplicados de uma solução neutra não há vantagens na adição de ácido e há possibilidade de alteração do matiz.

5) Solidez

Os corantes diretos não possuem solidez à lavagem e outros processos da preparação dos tecidos. A solidez à lavagem de alguns pode também ser avaliada como moderada, mas muitos são bastante bons.

2.3 COLORIMETRIA

O desenvolvimento das ciências trouxe grande precisão aos instrumentos. Os processos produtivos melhoraram sua reprodutibilidade e a física óptica teve grandes avanços. Neste contexto surge a **colorimetria**, uma ciência de medição que começa com uma sensação visual, progride através de várias tecnologias e termina por buscar a correlação máxima com a sensação visual humana.

A colorimetria busca, com o auxílio de modelos matemáticos, descrever, quantificar e simular a percepção da cor pelo homem. É a interação da luz com os materiais que, como sensação, é percebida pelo olho e interpretada pelo cérebro.

A cor de um objeto depende de uma série de fatores, dentre os quais a iluminação, tamanho da amostra, textura, cores no entorno que podem contaminar a cor da amostra. Por ser um fenômeno subjetivo, a sensação de cor depende também do observador.

Essa percepção da cor pode ser dividida nos níveis físico, psicofísico, visual e psicométrico.

No nível físico, a cor é definida pela distribuição espectral da radiação emitida, refletida ou transmitida. Verifica-se a composição da luz por comprimentos de onda, seu efeito na cor do objeto e de que forma o objeto modifica a luz que incide sobre ele. Essas modificações são representadas por meio de curvas de transmitância ou de refletância espectral. Explica também a mistura substrativa de cores.

O nível psicofísico estuda as relações entre a mente e os fenômenos físicos da cor e de que forma o olho humano percebe os processos aditivos de cores e as misturas partitivas.

No nível visual ou perceptual as cores são representadas por sistemas de ordenações que se caracterizam em termos de tonalidades, luminosidade e croma.

Ao nível psicométrico, o espaço visual é representado por valores numéricos, baseados em medições instrumentais. Surgem os sistemas

tridimensionais de representação que traduzem por números as cores dos objetos, como é o caso das coordenadas L^*, a^*, b^* , do sistema CIELAB.

A questão principal que se coloca é como relacionar resultados obtidos visualmente com resultados instrumentais. (LOPES, 2009).

2.3.1 Espaço colorimétrico CIELAB

Um espaço de cor pode ser descrito como um método para se expressar a cor de um objeto usando algum tipo de notação, como os números por exemplo. A CIE Commission Internationale de l'Eclairage é uma organização sem fins lucrativos considerada como a autoridade na ciência de luz e cor, e definiu três espaços de cor, CIE XYZ, CIE L^*C^*h e CIE $L^*a^*b^*$ - para a comunicação e expressão das cores.

O espaço de cor $L^*a^*b^*$, também conhecido como espaço de cor CIELAB é atualmente o mais popular dos espaços de cores uniformes usados para avaliar as cores. Esse espaço de cor é amplamente utilizado, pois correlacionam consistentemente os valores de cor com a percepção visual. Indústrias como as de plástico, tintas, impressão, alimentos e têxtil, além de universidades, utilizam este espaço para identificar, comunicar e avaliar os atributos da cor além das inconsistências ou desvios de uma cor padrão.

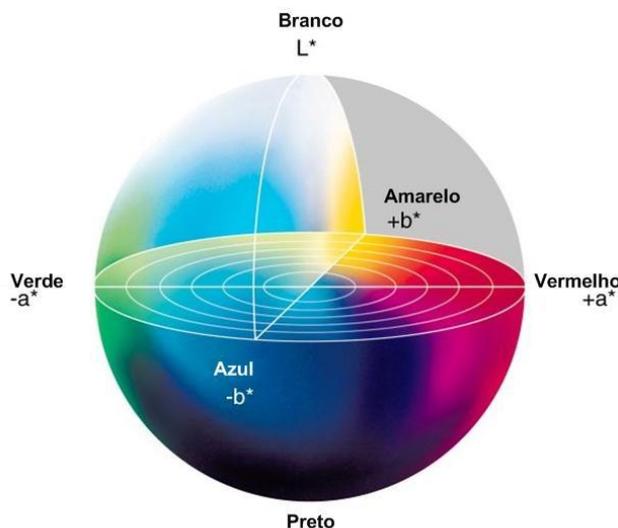
Quando as cores são ordenadas, elas podem ser expressas em termos de tonalidade, luminosidade e saturação. Com a criação de escalas para esses atributos nos podemos expressar cores de forma precisa.

As diferenças de cor são definidas pela comparação numérica entre a amostra e o padrão. Ela indica as diferenças absolutas nas coordenadas de cor entre a amostra e o padrão e são conhecidas como Deltas (Δ). Os Deltas para L^* (ΔL), a^* (Δa) e b^* (Δb) podem ser negativas (-) ou positivas (+). A diferença total, Delta E (ΔE), todavia, é sempre positiva. Elas são expressas como:

- ΔL^* = diferença em mais claro e escuro (+ = mais claro, - = mais escuro)
- Δa^* = diferença em vermelho e verde (+ = mais vermelho, - = mais verde)
- Δb^* = diferença em amarelo e azul (+ = mais amarelo, - = mais azul)
- ΔE^* = diferença total de cor

Para determinar a diferença total de cor entre as três coordenadas é utilizada a seguinte fórmula: $\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2}$.

Figura 3 – Espaço de cor CIELab



Fonte: (<https://www.researchgate.net/figure/Figura-26-Espaco-de-cor-CIELab>)

Com estas três coordenadas, pode-se localizar qualquer cor no espaço $L^*a^*b^*$. Ao serem realizadas as medições das amostras contra o padrão desejado, o espectrofotômetro retorna os valores das coordenadas que podem ser positivas ou negativas (VIANA, 2012).

Um **espectrofotômetro** pode detectar diferenças imperceptíveis aos olhos humanos e então mostra-las instantaneamente em forma numérica ou através de um gráfico de refletância espectral. Após a identificação das diferenças de cor utilizando $L^*a^*b^*$, podemos então decidir se a amostra é aceitável ou não.

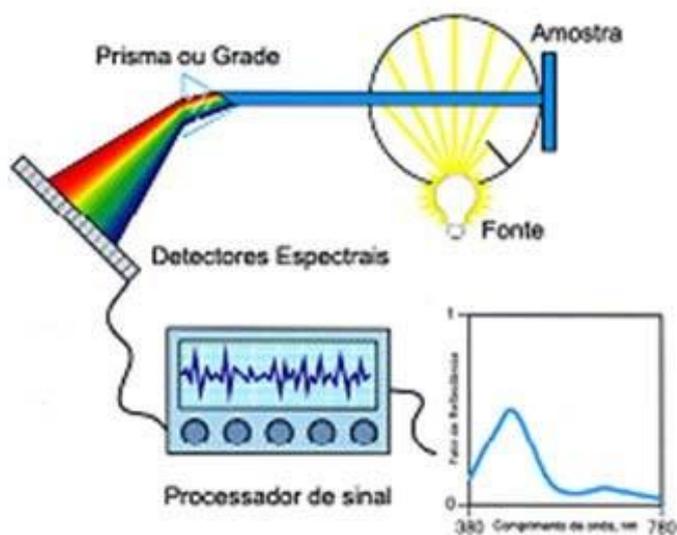
2.3.2 Espectrofotômetro

O potencial do método espectrofotométrico de refletância é excelente. Controla a qualidade da cor de forma eficaz, conta com ótima correlação com a visão e estão se tornando equipamentos cada vez mais exatos, práticos e acessíveis.

O espectrofotômetro de refletância tem por finalidade fornecer a curva de distribuição de refletância de amostra, em cada comprimento de onda da

faixa de medição do instrumento. O seu princípio de funcionamento, mostrado esquematicamente na figura 4, é composto por um feixe de luz policromático que, de forma difusa, espalhada, ilumina a amostra. Parte deste feixe é refletido por ela, seguindo para o prisma ou para uma grade de difração.

Figura 4 - Diagrama esquemático de funcionamento de um espectrofotômetro

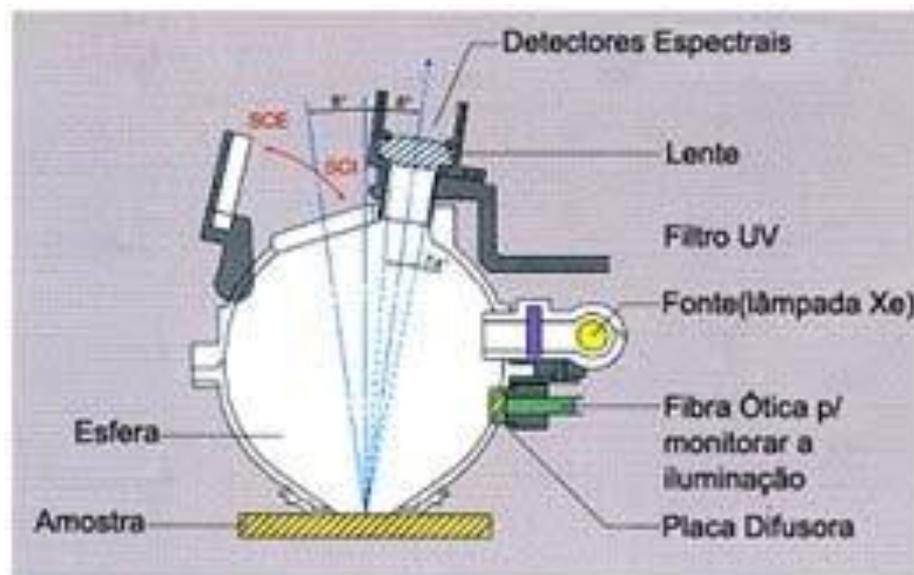


Fonte: LOPES (2009)

Os componentes monocromáticos, resultantes desta difração, atingem os detectores espectrais especializados em cada faixa de comprimento de onda. Esses detectores enviam para o processador o sinal correspondente à energia relativa recebida e o fator de refletância. São então registrados e apresentados em forma de gráfico.

A tecnologia altamente desenvolvida aliada à informática permitiu a criação de instrumentos que possibilitam a aplicação prática desses fundamentos teóricos com grande repetitividade.

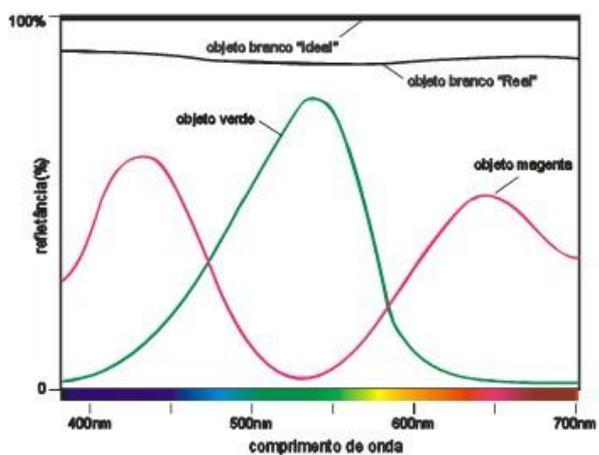
Figura 5 - Diagrama esquemático de um espectrofotômetro com esfera de integração e utilização de specularidade incluída ou excluída



Fonte: LOPES (2009)

O resultado da medição de um espectrofotômetro é a curva de refletância espectral do material sob análise. A figura 6 apresenta exemplos de curvas de refletância de amostras de cores verde, magenta, branco real e branco ideal.

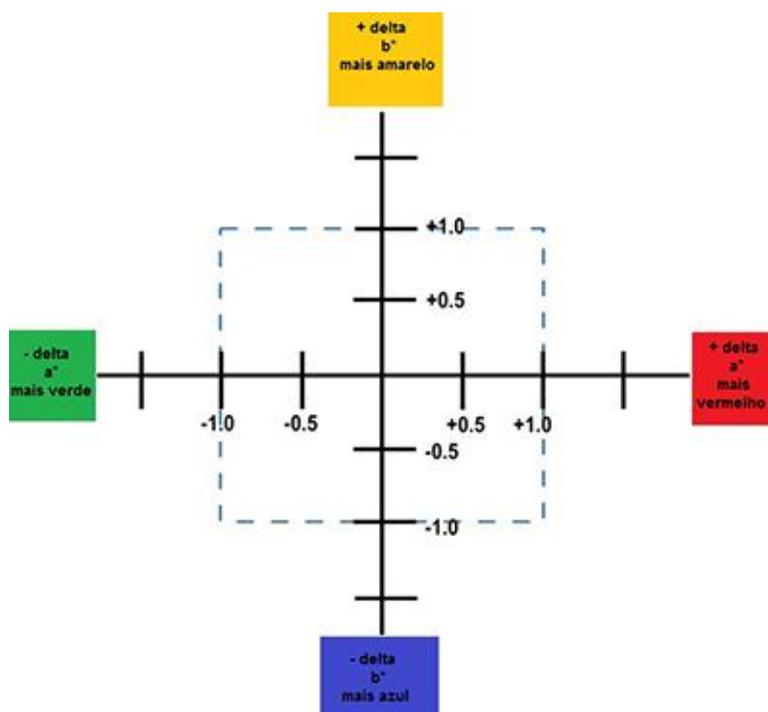
Figura 6 - Curva de distribuição da refletância espectral de três objetos



Fonte: LOPES (2009)

A tolerância de cor é o limite de aceitação de o quão grande pode ser a diferença de cor entre a amostra e o padrão. Usando $L^*a^*b^*$, os usuários podem correlacionar às diferenças numéricas com sua percepção visual. Os valores de tolerância devem ser definidos entre o fornecedor e o cliente e usados no controle de qualidade para determinar se uma amostra passa ou falha durante a inspeção.

Figura 7 - Coordenadas CIELab



Fonte: Konica Minolta Sensing Americas, Inc.

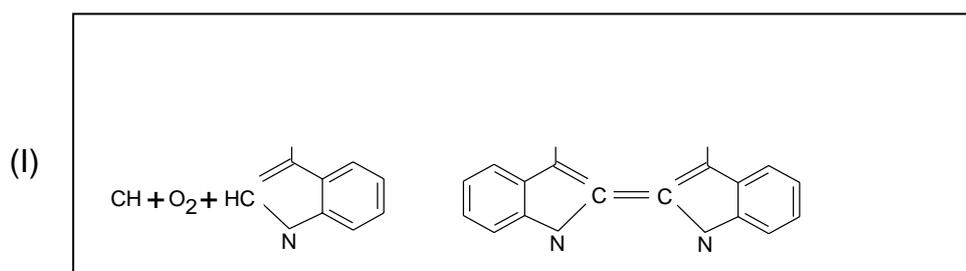
Normalmente as tolerâncias devem ser estabelecidas para cada um dos componentes, ΔL^* , Δa^* , e Δb^* , para identificar quais coordenadas, excederam os limites. Os valores de tolerância criam uma caixa ao redor do padrão (ver figura 7). Cores que caem dentro dessa caixa são consideradas aprovadas, enquanto que as cores que caem fora dessa caixa são rejeitadas. O ΔE^* , também pode ser utilizado como tolerância, contanto que o usuário também avalie os atributos individuais.

Os instrumentos de medição de cor e o espaço de cor $L^*a^*b^*$ são usados em uma variedade de aplicações e industriais para fornecer métodos uniformes e padronizados de comunicação e controle de cor nos fluxos de pesquisa e desenvolvimento, produção e laboratório.

2.4 PROCESSO DE TINGIMENTO

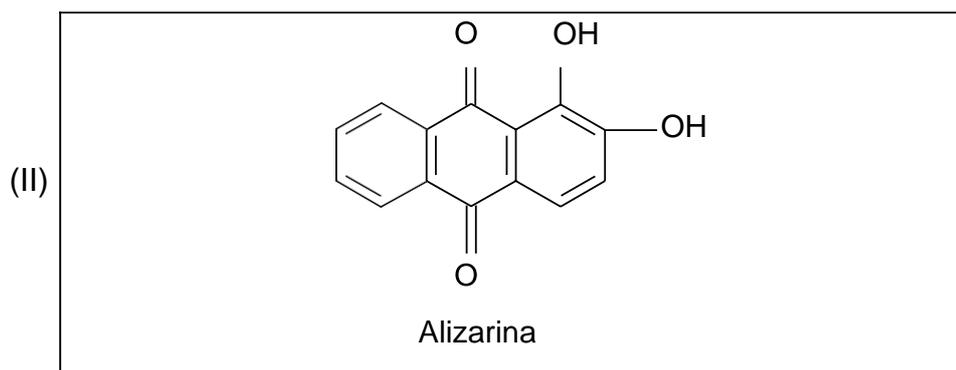
O processo de tingimento sempre ocupou lugar único dentre os processos têxteis. A aplicação de corantes é considerada como uma arte. Por tingimento de material têxtil entendemos a coloração que lhe é dada e possui permanência relativa. Isto implica que a coloração não desbote facilmente durante as lavagens e exposição do material à luz. Acredita-se que a arte de tingimento começou a ser praticada no ano 3000 a.C na China, Índia e Egito. Até a metade do século XVIII todos os corantes eram obtidos de fontes naturais, usualmente plantas, embora alguns fossem produtos animais ou minerais. Ex: índigo que é extraído da indigofera tinctória (I), e a alizarina obtido da raiz de garança (II).

Figura 8 – Molécula de indigofera tinctória



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000).

Figura 9 – Molécula de Alizarina



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000).

Usados na Índia desde tempos remotos, documentados na história, quase todos os corantes de origem natural não são capazes de produzir sozinhos, cores permanentes nos têxteis. Por isso, as fibras têm que ser

preparadas pela impregnação com substâncias metálicas, tais como alumínio, ferro ou lata para que o corante possa fixar-se no material têxtil final. Essas substâncias são conhecidas como mordentes.

Atualmente, quase todos os corantes são preparados sinteticamente, tendo como base o alcatrão. Sabemos que o primeiro corante sintético preparado comercialmente foi a Anilina, em 1856, por W. H. Perkin. Por causa do grande número de diferentes fibras e outros materiais que requerem tingimento, e a grande variação nos tipos de desgaste e rasgamento aos quais estão sujeitos os materiais têxteis, diferentes corantes são fabricados e o número está aumentando constantemente.

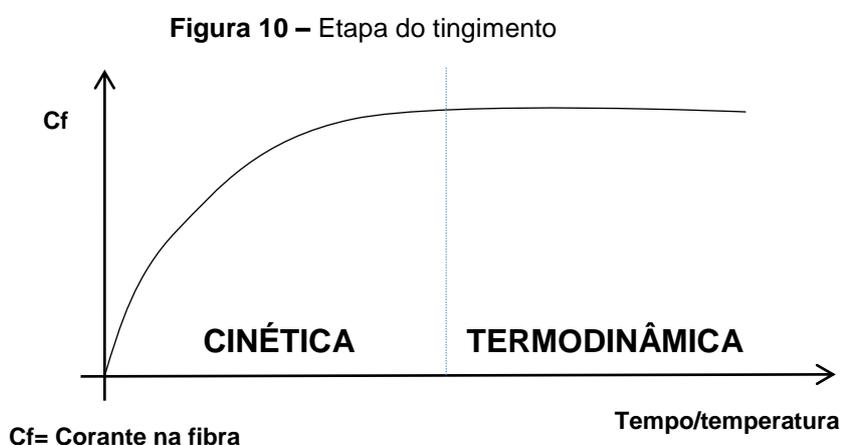
Há três formas nas quais os materiais têxteis podem ser tingidos:

- 1) Em forma de rama (fibra solta) antes da conversão em fios;
- 2) Em forma de fio;
- 3) Em forma de tecidos.

O tingimento pode ser definido como uma aplicação de cores para todo o corpo do material têxtil com algum grau de solidez: isso implica certa penetração dos corantes dentro das fibras individuais e um grau prático de durabilidade, sendo o mais importante à uniformidade de aplicação das cores.

2.4.1 Teoria do tingimento – Cinética e Termodinâmica

Para melhor compreensão do processo de tingimento, este é separado em duas etapas, conforme Figura 10:



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000).

Fase cinética: Segundo SALEM (2000), nesta fase ocorre a transferência do corante do banho para a fibra, a adsorção deste na superfície da fibra e a difusão para o interior. Neste momento se determina a velocidade de deslocamento do corante para a superfície da fibra, a sua velocidade de adsorção e de difusão dentro dela e as influências de concentração de corante e eletrólitos, pH, temperatura e relação de banho sobre estas velocidades.

Na fase cinética ocorre a maior parte dos problemas de tingimento. O fator determinante para um tingimento igualizado e bem difundido reside no controle da velocidade de adsorção do corante pela fibra.

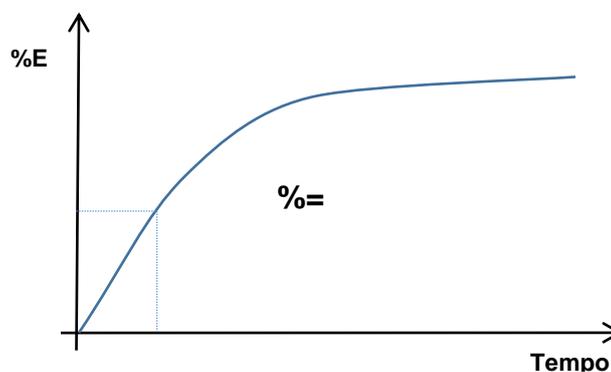
Geralmente se confunde a velocidade em que o processo ocorre e a grandeza da força motriz que provoca o processo. No tingimento, admite-se como força motriz a afinidade, que é responsável pela ocorrência do fenômeno. Além da afinidade, tem-se um parâmetro de velocidade ou grau de resistência à difusão do corante no interior da fibra.

A velocidade instantânea do tingimento, portanto, depende de dois parâmetros:

- De velocidade diretamente ligada à cinética;
- De afinidade ligada à termodinâmica do processo.

A velocidade de tingimento deve ser criteriosamente confeccionada em forma de uma curva, considerando substrato, produtos e máquina. Esta curva deve expressar o tempo de tingimento em função da percentagem total de corante que montará ao alcançar o equilíbrio (E_c), tanto quanto o tempo requerido para alcançar meio esgotamento ($E^\infty/2$). A forma desta curva dependerá das condições de tingimento, variações de temperatura, pH, eletrólitos, etc, conforme Figura 11.

Figura 11 – Curva de esgotamento de tingimento



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000)

Fase termodinâmica: etapa que estuda os fatores que motivam a fixação do corante na fibra e que são chamados de afinidade.

As moléculas de qualquer composto sejam na forma de gás, líquido ou solução, encontra-se em tal grau de liberdade de movimentação que tendem a distribuir-se sobre o volume máximo acessível a elas. Ao proporcionar-lhes um maior volume, tratarão de distribuir-se no volume total. Para reduzir o espaço ocupado, faz-se necessária uma força externa.

A tendência de um sistema passar espontaneamente de um estado de alta energia a outro de menor energia é estudado pela termodinâmica. Esta ciência relaciona as mudanças de energia no início e fim de um processo, quando ocorre o equilíbrio, não considerando as fases intermediárias.

Em um sistema de tingimento, pareceria existir uma contradição ao princípio de liberdade de movimento: uma solução relativamente diluída de corante se transfere em pouco tempo para um espaço bem mais reduzido na fibra. Uma força intervem para conduzir as moléculas dos corantes a permanecer na fibra. Esta força é conhecida como afinidade.

A permanência do corante na fibra é afetada por vários fatores:

- Vibração da estrutura molecular da fibra, a cada momento tomando novas configurações;
- Constante bombardeio do corante pelas moléculas de água dificultando sua fixação na fibra;
- Aumento da vibração das moléculas e do bombardeio das moléculas de água com aumento da temperatura do sistema.

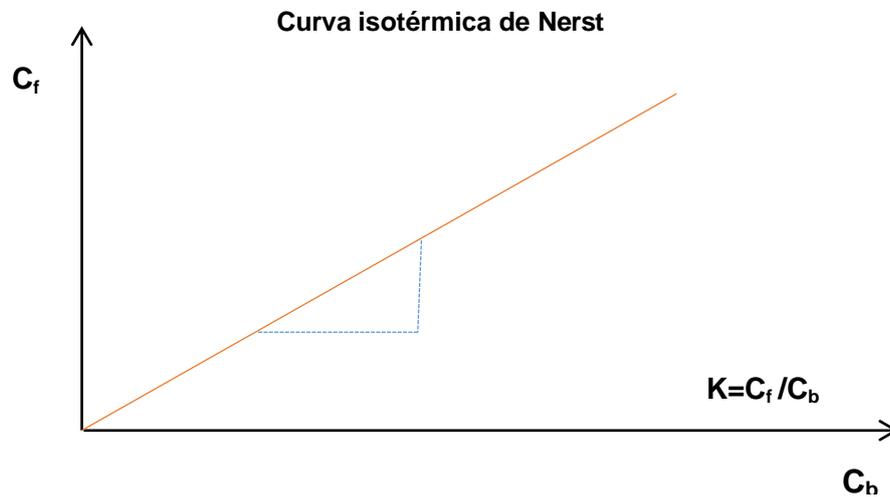
Estes fatores influenciam no esgotamento e justificam por que o rendimento não é total nem a solidez aos tratamentos úmidos é absoluta.

Após a fase cinética, o corante entra em equilíbrio entre fibra e banho, o que constitui a fase termodinâmica. No estado de equilíbrio, a relação corante fibra/ corante banho é expressa por uma constante de equilíbrio K .

Três comportamentos de equilíbrio são representados por curvas isotérmicas mostradas a seguir. Elas são afetadas de diferentes formas por pH, eletrólitos, auxiliares de tingimento e temperatura. Cada curva isotérmica exprime a relação entre corante na fibra (C_f) e corante remanescente no banho

(C_b). S_f representa o limite de saturação quando a fibra tem sítios limitados e K é a constante de equilíbrio.

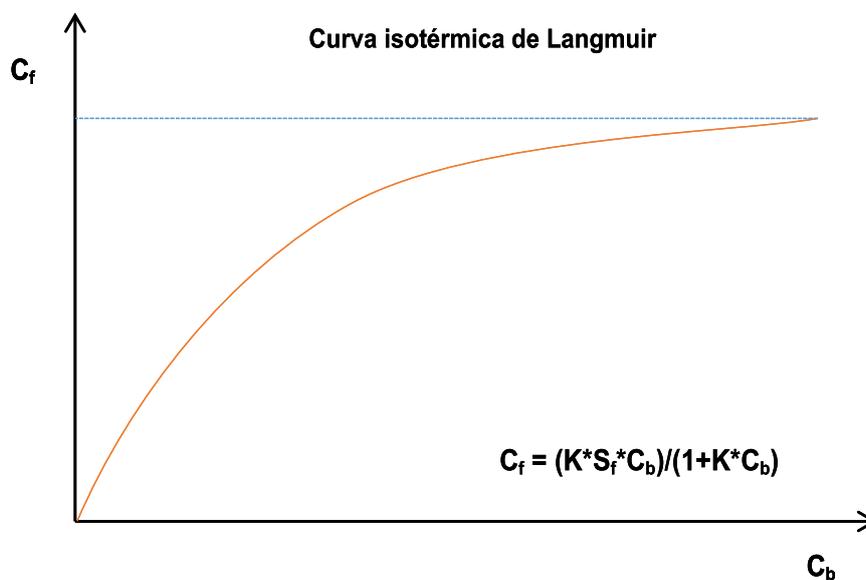
Figura 12 – Isoterma de Nerst



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000)

É a curva de equilíbrio de corantes e fibras não iônicas. A distribuição é por solubilidade do corante na fibra, como nos corantes dispersos na fibra de poliéster.

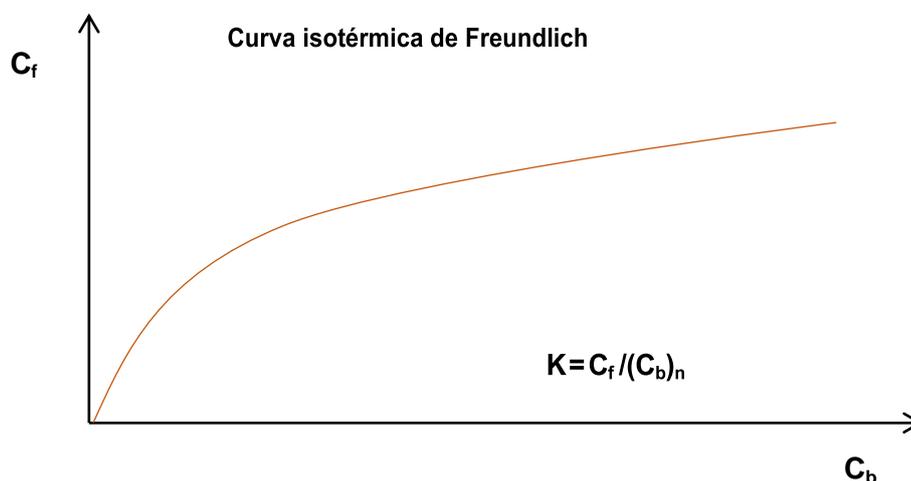
Figura 13 – Isoterma de Langmuir



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000)

Os corantes e fibras têm polaridades opostas e interagem fortemente. Os corantes têm afinidade específica e um limite de saturação – a fibra tem sítios limitados. Esta curva representa o equilíbrio entre corantes ácidos e lã, corantes ácidos e poliamida e corantes catiônicos e fibras acrílicas.

Figura 14 – Isotermo de Freundlich



Fonte: Salem, V – Curso de Tingimento Têxtil – Módulo I (2000)

O corante e a fibra têm a mesma polaridade. A interação corante/fibra é fraca e as ligações são por pontes de Hidrogênio e forças de Van der Waals. Esta curva representa o equilíbrio entre corantes diretos e fibras celulósicas.

2.4.2 Influência da estrutura da fibra na absorção do corante

Segundo BURDETT, a difusão dos corantes nas fibras e sua adsorção dependem fortemente da estrutura física e química da fibra e de sua capacidade de ser modificada antes ou durante o tingimento.

Fibras têxteis são polímeros de alto peso molecular, que contêm regiões em variado grau de ordem ou desordem molecular. Ao se correlacionar a estrutura da fibra com o comportamento tintorial, são consideradas duas principais características estruturais da fibra, as quais governam a capacidade de tingir:

- Permeabilidade:** é a facilidade com que as moléculas do corante se difundem na fibra. Está relacionada com a estrutura física da fibra.

•**Constituição química da fibra:** grupos funcionais presentes nas cadeias moleculares da fibra.

Estas características são em grande parte determinadas na fabricação ou no crescimento da fibra. Além destas duas características, são também importantes o tratamento prévio e condições de processo (pH, temperatura, tempo, etc.) e o corante.

2.4.3 Permeabilidade das fibras

A permeabilidade das fibras depende da proporção entre regiões amorfas e cristalinas, da orientação molecular, do tratamento prévio e, em alguns casos, da temperatura de transição vítrea (T_g).

Os corantes, devido à maior facilidade de penetração, são adsorvidos através das regiões amorfas e, posteriormente, difundem-se por toda a fibra. Assim, uma maior proporção de regiões cristalinas diminui a permeabilidade.

Em todas as fibras variam as relações entre regiões cristalinas e regiões amorfas. As regiões cristalinas proporcionam tenacidade e rigidez, enquanto as amorfas proporcionam permeabilidade e flexibilidade. Esta proporção é inerente à formação nas fibras naturais enquanto pode ser controlada durante o processo de fabricação nas fibras químicas.

Fibras químicas, em razão dos processos de estiragem em sua fabricação, normalmente possuem maior orientação molecular, o que dificultará a permeabilidade. A estiragem de filamentos de poliamida, por exemplo, causa um decréscimo na absorção de corantes, portanto, o grau de regularidade das cadeias poliméricas apresenta-se em duas formas de ordem física diferentes, porém relacionadas: orientação e cristalinidade. Ambas são significativas por afetarem fortemente a cinética e o equilíbrio da adsorção dos corantes pelas fibras.

Tratamentos prévios, como mercerização do algodão, cloragem da lã ou termofixação do poliéster, provocam alterações na estrutura da fibra, influenciando nas propriedades tintoriais.

Na temperatura de transição vítrea ocorre mudança do estado vítreo para um estado flexível. Acredita-se que, em nível molecular, ocorre um

aumento do grau de rotação dos segmentos poliméricos e certo relaxamento na orientação das cadeias moleculares da fibra.

2.4.4 Constituição Química da Fibra

A presença de grupos funcionais está relacionada à constituição química da fibra. Estes grupos influenciam no comportamento tintorial conforme o tipo, concentração, distribuição e grau de ionização.

Outro fato a ser considerado é o meio aquoso, no qual ocorre a maioria dos processos de tingimento. O grau de intumescimento das fibras têxteis imersas em água relaciona-se com a composição química da fibra e, conseqüentemente, com a capacidade tintorial. Por exemplo, a penetração de corantes iônicos solúveis em água através de regiões acessíveis é muito dependente da absorção de água.

A facilidade de penetração de corantes em uma fibra depende da interação fibra/água. Em geral, as fibras hidrofílicas, como o algodão, aceitam corantes iônicos solúveis em água. Por outro lado, fibras hidrofóbicas, como o poliéster, que não intumescem em água, são permeáveis somente a corantes não iônicos de muito baixa hidrossolubilidade.

As fibras hidrofílicas contêm grupos polares que ionizam em água e têm uma proporção relativamente alta de regiões amorfas, o que aumenta a acessibilidade aos corantes. Este aspecto é de fundamental importância. A falta de capacidade de inchar de algumas fibras vem da presença de poucos grupos polares ou da ausência dos mesmos (polipropileno, acetato e triacetato de celulose) ou, ainda, da inacessibilidade de grupos polares devido à alta cristalinidade e/ou orientação (poliéster, acrílico e poliamida). O regain baixíssimo de 0,4% para fibras de poliéster vem da inacessibilidade dos grupos funcionais polares da fibra, particularmente dos grupos terminais OH em virtude de sua cristalinidade.

Fibras hidrofóbicas não podem ser tintas com corantes de alta solubilidade em água, pois a ionização, e assim o comportamento fortemente polar dos corantes, produz uma reação adversa entre corante e fibra.

Os grupos funcionais presentes ou introduzidos na fibra influenciam na afinidade pelo corante. As alterações na constituição química da fibra são

acompanhadas por mudanças na estrutura física e, em consequência, estas duas variáveis são responsáveis por alterações nas propriedades tintoriais.

Tem-se, como exemplo desta situação, a modificação química da celulose por acetilação. A esterificação da celulose por acetilação, ou seja, substituição de grupos OH por grupos acetil, altera as propriedades tintoriais da fibra. Conforme aumenta o grau de acetilação, diminui a afinidade dos corantes aniônicos solúveis em água (corantes diretos) e aumenta a dos corantes não iônicos (corantes dispersos).

2.4.5 Ação dos agentes químicos no processo de tingimento

Os ácidos ou os álcalis são utilizados respectivamente para a obtenção do meio ácido ou alcalino, ou seja, do pH do banho mais favorável para a montagem do corante à fibra.

Os ácidos mais utilizados são: acético, fórmico, sulfúrico e clorídrico. Sendo os dois últimos empregados em baixas concentrações. Os álcalis mais empregados são: soda cáustica e barrilha. Dos sais existentes, o mais utilizado é o NaCl (sal). Todos os sais em solução dissociam-se em íons, que são denominados eletrólitos. Dependendo da fibra, dos corantes e do pH do banho, poderá ocorrer o seguinte:

1. Atração:

Na⁺ pelos ânions dos corantes;

Cl⁻ pelos cátions dos corantes;

2. Repulsão:

Na⁺ pelos cátions dos corantes;

Cl⁻ pelos anions dos corantes;

No primeiro caso o sal tem efeito expansivo, porque os íons dos corantes, diminuindo a solubilidade dos corantes, estes fixarão em maior quantidade e com maior rapidez na fibra. Portanto o eletrólito será um auxiliar migratório do corante e, aumentado a sua afinidade pela fibra. No segundo caso, ao contrário, o sal tem ação retentiva e igualadora, pois o esgotamento se processará mais lentamente e uniformemente. Pode-se usar também como

eletrólito o Na_2SO_4 , possuindo o mesmo efeito do sal comum, com a desvantagem de um custo mais elevado. (ARAÚJO, 1984).

Os dispersantes são auxiliares que mantêm uma boa distribuição dos produtos no banho, o que é importante para a tintura com corantes dispersos. São ainda utilizados com outros tipos de corantes, a fim de mantê-los em estados de suspensão, evitando a sua agregação à máquina, a qual dificultaria sua limpeza posterior ao tingimento, principalmente em tons escuros.

Consegue-se melhorar solidez à lavagem dos corantes diretos mediante tratamentos posteriores com fixadores à base de formaldeído, que permite a reação entre as moléculas de corante, melhorando a solidez.

Os detergentes são tensoativos que têm a propriedade de umectar os substratos têxteis, permitindo que, pela quebra da tensão superficial da água, a impureza seja facilmente removida do material para a fase líquida. Nos Casos do tingimento com corantes reativos, os detergentes são aplicados na fase final para remover as partículas de corante hidrolisado que ficam depositados nas fibras. Os detergentes têm também, a finalidade de emulsionar as gorduras ou óleos presentes nos substratos têxteis.

Os Umectantes têm propriedades de dar ao material um poder maior de adsorção, porém não remove as impurezas como os detergentes, por isso são empregados em casos que necessite uma melhor difusão nos sítios das fibras.

“Os sequestrantes são empregados no banho para controlar a dureza da água, reagindo com íons indesejáveis, formando complexos metálicos. São produtos a base de EDTA (Ácido Etilenodiaminotetraacético dissódico), policarboxilatos, poliacrilatos, organofosfatados, polifosfatos inorgânicos condensados, etc. Alguns desses sequestrantes agem mais em faixa de pH alcalino, outros na faixa ácida. Muitos deles têm efeito sequestrante também para íons de ferro e de metais mais pesados”. (ARAÚJO, 1984).

3 MÉTODOS E PROCESSOS

Os corantes diretos são relativamente econômicos e de fácil aplicação. A ligação do corante com a fibra é feita através de pontes de Hidrogênio. São direcionados para tingir fibras celulósicas, tecidos de algodão 100% de modo geral, podendo tingir também lã, seda e poliamida, dependendo a constituição química do corante.

Os corantes diretos são muitos utilizados em fibras celulósicas pelo processo de esgotamento. Em processo de impregnação são menos frequentes, devido à elevada substantividade.

O processo de tingimento com corantes direto é realizado na presença de NaCl, com pH neutro ou ligeiramente alcalino. Os corantes, previamente dissolvidos, são adicionados ao banho de tintura à 25°C, a fim de que entre em contato com o material o mais finamente diluído, possibilitando uma melhor igualização.

A uma temperatura de 90° C, o sal é adicionado por partes, para evitar uma montagem muito rápida, prejudicando a uniformidade.

Após o tingimento o material é lavado, para a remoção de excesso do corante não fixado, e submetido a um tratamento posterior com fixador durante 20 minutos a 60 – 50 °C ou 40°C dependendo do fixador.

Para estes testes foram utilizados os corantes diretos Vermelho Solimax RAB e Azul Solimax FRL, fornecidos pela TMX®, sendo a escolha dos corantes pelo uso mais comum nas tricromia de tingimento, conseqüentemente de maior consumo dentro da indústria.

Os ensaios foram realizados dentro da empresa Estamparia e tinturaria Primor, localizada em Americana, de acordo com o processo padrão de tingimento da empresa.

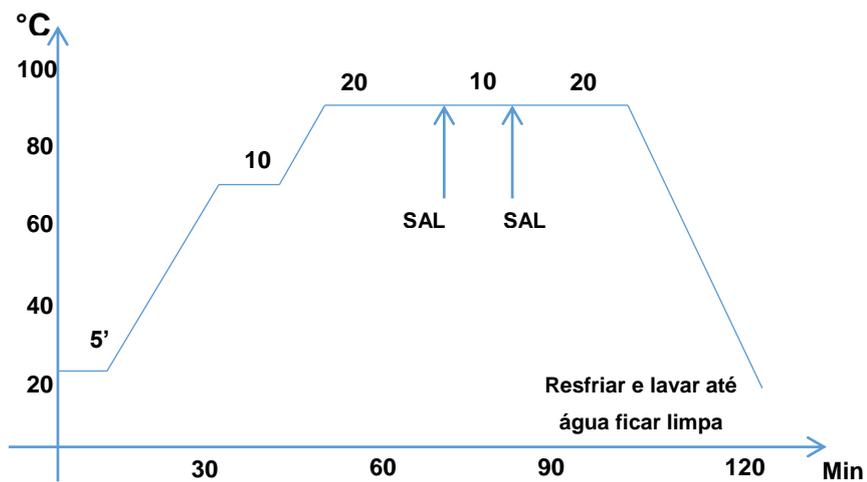
O tecido utilizado no processo foi um Percal (100%CO) e o eletrólito o sal (NaCl) refinado.

Os testes foram feitos em duas concentrações diferentes, com 1% e 3% de corante. As concentrações de cloreto de sódio foram baseadas na tabela do fornecedor dos corantes, sendo então realizados os testes com duas concentrações diferentes abaixo do valor padrão.

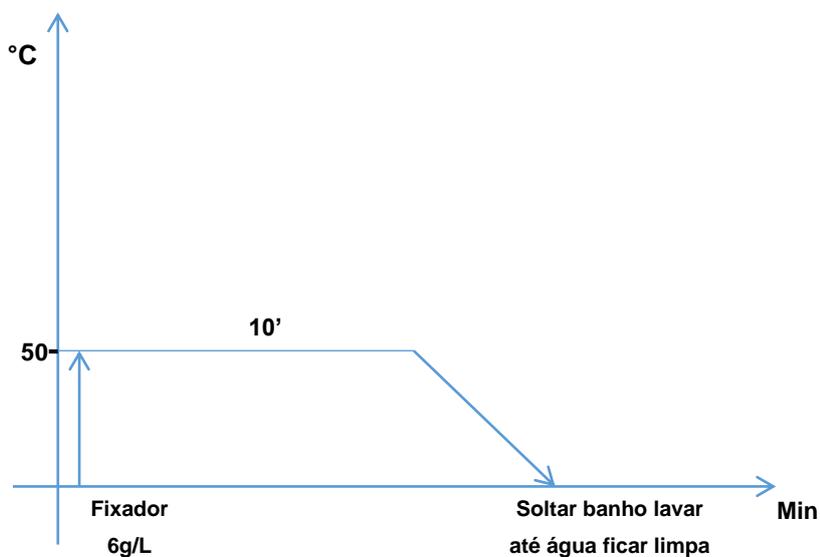
Tabela 2 – Concentração de corantes diretos e sal para tingimento por esgotamento

CORANTE (%)	SAL (NaCl)
0.001% a 0.099%	5.00 g/l
0.100% a 0.499%	8.00 g/l
0.500% a 0.999%	10.00 g/l
1.000% a 1.999%	15.00 g/l
2.000% a 2.999%	20.00 g/l
3.000% a 3.999%	25.00 g/l
Acima de 3.999%	30.00 g/l

Fonte: TMX®

Gráfico 1 - Tingimento Corante Direto

Fonte: do autor

Gráfico 2 – Fase de Fixação

Fonte: do autor

3.1 PROCESSO DE TINGIMENTO

Tabela 3 – Ensaio do tingimento direto

Testes	% Corante	Tipo de corante	Conc. Sal (NaCl)
V1	1.00%	Vermelho Solimax RAB	15 g/l (padrão)
	1.00%	Vermelho Solimax RAB	12 g/l
	1.00%	Vermelho Solimax RAB	9 g/l
V2	3.00%	Vermelho Solimax RAB	25 g/l (padrão)
	3.00%	Vermelho Solimax RAB	20 g/l
	3.00%	Vermelho Solimax RAB	15 g/l
A1	1.00%	Azul Solimax FRL	15 g/l (padrão)
	1.00%	Azul Solimax FRL	12 g/l
	1.00%	Azul Solimax FRL	9 g/l
A2	3.00%	Azul Solimax FRL	25 g/l (padrão)
	3.00%	Azul Solimax FRL	20 g/l
	3.00%	Azul Solimax FRL	15 g/l

Fonte: do autor

2g/l - Igualizante

2g/l - Sequestrante de Ca e Mg

X% - Corante Vermelho Solimax RAB

Os produtos auxiliares e corantes foram dosados a frio, batendo por 5 minutos para homogeneização. Subindo a temperatura para 90°C, batendo por 30 minutos. Em seguida dosou o Cloreto de sódio em 3 partes iguais (conforme gráfico da figura 11).

Xg/l - Cloreto de sódio (NaCl)

Depois de soltar o banho, lavou-se com 2 água frias por 5 minutos cada.

Após a lavagem, dosamos o fixador.

6g/l – Fixador

Subindo a temperatura para 50°C e batendo por 10 minutos. Após soltar o banho, lavamos com mais uma água fria por 5 minutos para tirar o residual de fixador do tecido.

3.2 AVALIAÇÃO DE COR

Para avaliarmos a eficácia do processo de tingimento, usamos dois métodos de avaliação de cor para garantir a qualidade dos resultados obtidos. A avaliação por espectrofotômetro e análise de solidez, por crockmeter.

3.2.1 Espectrofotômetro

A avaliação por espectrofotômetro, contamos com o equipamento da Konica Minolta CM-2600D, que apresenta refletância espectral em um desvio padrão dentro de 0,1% (de 360 a 380 nm dentro de 0,2%), de valor colorimétrico no desvio dentro de ΔE^*ab 0,04.

Figura 15 - Espectrofotômetro Konica Minolta CM - 2600D



Fonte: Konica Minolta Sensing Americas, Inc.

Exibindo dados graficamente ou numericamente, o equipamento mostra rapidamente as informações sobre suas cores. Com controle total a todo momento, podemos selecionar uma simples análise do tipo aprovado/reprovado ou através de dados colorimétricos com a descrição das diferenças de cor, valores $L^*a^*b^*$, gráficos de cor com tolerância em caixa ou elíptica. Além de poder exibir o valor de brilho relativo através do controle numérico de brilho. O software interno contém todas as equações colorimétricas necessárias e iluminantes padrão.

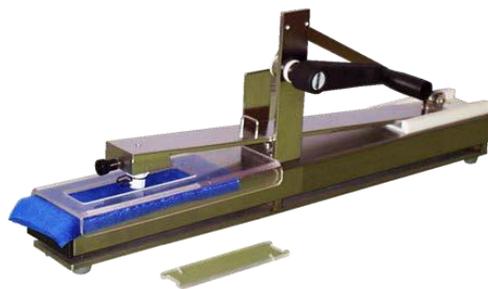
3.2.2 Crockmeter

Essa escala é usada em testes para a avaliação de transferência de cor em têxteis não tingidos. A escala é composta de fichas com pares de cor branco e cinza, cada par representando uma diferença na cor ou contraste, correspondendo a um grau numérico de transferência. O grau de transferência de cor, os passos da escala e a diferença e tolerância da total correspondência de cor são determinados pelo CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB). O grau de transferência número 5 é representado pelo branco nas duas cores de referência, montadas lado a lado refletindo nada menos do que 85%. Tolerâncias e instruções específicas de utilização são dadas pela norma AATCC EP 2. (TEXCONTROL, 2018).

Figura 16 - Escala cinza para crockmeter

Fonte: Texcontrol (2018)

Os resultados do teste de solidez de cor são avaliados na comparação visual da diferença nas cores representadas pela escala. Uma parte do tecido original e o corpo de prova são colocados lado a lado e orientados em uma mesma direção, a escala cinza é colocada próxima, todos em um mesmo plano. A diferença visual entre o tecido original e o testado são comparados com as diferenças representadas pela escala. Uma taxa de 5 é dada quando não há diferença de cor (desbotamento ou resistência) entre o tecido original e o corpo de prova testado.

Figura 17 - Crockmeter Manual KFG-2031

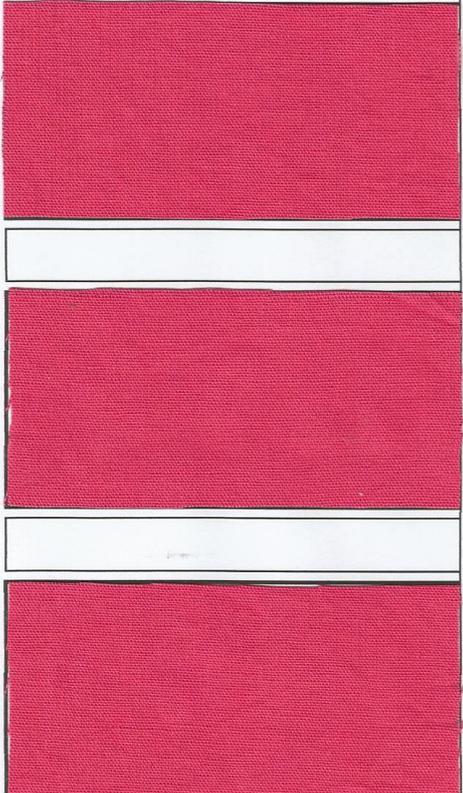
Fonte: J.A. King's

4 RESULTADOS

Os resultados dos tingimentos realizados são apresentados nas figuras 18,19, 20 e 21, onde cada corante e suas devidas concentrações estão descritas.

Figura 18 – Teste com concentração à 1% do corante Vermelho Solimax RAB

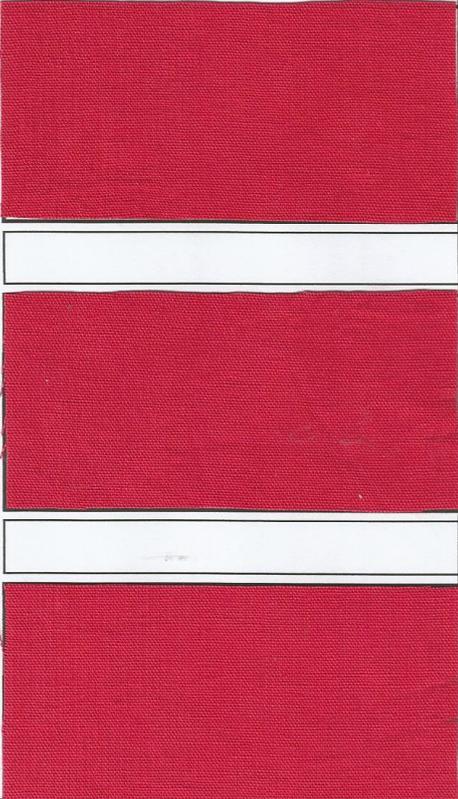
Corante : Vermelho Solimax RAB		
Tingimento : Direto		Data: 17/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
1,000	%	Vermelho Solimax RAB
15,000	g/l	Cloreto de Sódio
AMOSTRA 1		
1,000	%	Vermelho Solimax RAB
12,000	g/l	Cloreto de Sódio
Amostra 2		
1,000	%	Vermelho Solimax RAB
9,000	g/l	Cloreto de Sódio



Fonte: do autor

Figura 19 - Teste com concentração à 3% do corante Vermelho Solimax RAB

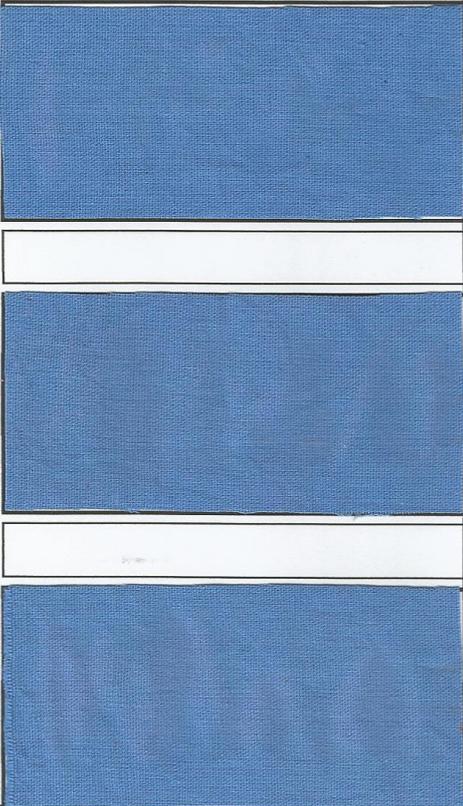
Corante : Vermelho Solimax RAB		
Tingimento : Direto		Data: 17/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
3,000	%	Vermelho Solimax RAB
25,000	g/l	Cloreto de Sódio
AMOSTRA 1		
3,000	%	Vermelho Solimax RAB
20,000	g/l	Cloreto de Sódio
Amostra 2		
3,000	%	Vermelho Solimax RAB
15,000	g/l	Cloreto de Sódio



Fonte: do autor

Figura 20 - Teste com concentração à 1% do corante Azul Solimax FRL

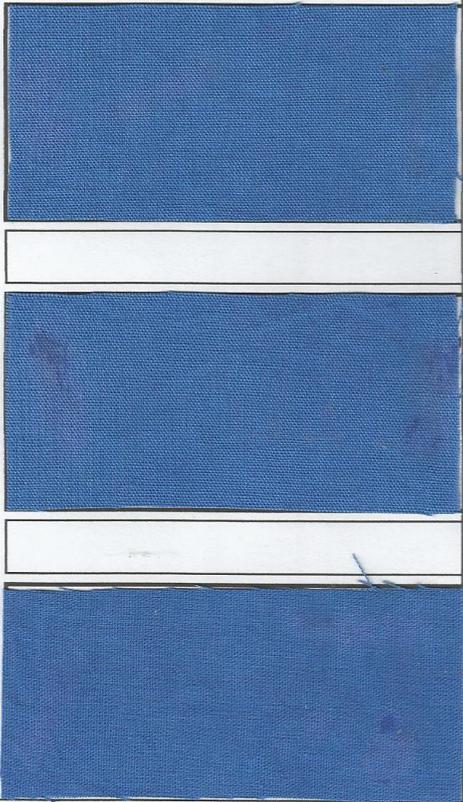
Corante : Azul Solimax FRL		
Tingimento : Direto		Data: 17/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
1,000	%	Azul Solimax FRL
15,000	g/l	Cloreto de Sódio
AMOSTRA 1		
1,000	%	Azul Solimax FRL
12,000	g/l	Cloreto de Sódio
Amostra 2		
1,000	%	Azul Solimax FRL
9,000	g/l	Cloreto de Sódio



Fonte: do autor

Figura 21 - Teste com concentração à 3% do corante Azul Solimax FRL

Corante : Azul Solimax FRL		
Tingimento : Direto		Data: 17/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
3,000	%	Azul Solimax FRL
25,000	g/l	Cloreto de Sódio
AMOSTRA 1		
3,000	%	Azul Solimax FRL
20,000	g/l	Cloreto de Sódio
Amostra 2		
3,000	%	Azul Solimax FRL
15,000	g/l	Cloreto de Sódio



Fonte: do autor

A análise colorimétrica realizada em espectrofotômetro mostra o desvio na coloração das amostras, na qual destacamos o ΔE e o ΔL das amostras, onde:

O ΔE : É a média da tolerância de cor, sendo que, quanto mais próximo de 0 o valor, menor o desvio em relação ao padrão.

O ΔL : Representa a força da cor em relação ao padrão. Se o resultado for positivo (+) é mais fraco em relação ao padrão, se negativo (-), mais intenso em relação ao padrão.

De acordo com os resultados obtidos (tabela 4), observamos que o ΔE das amostras testadas ficaram dentro da margem de tolerância ($\Delta E < 1,5$), sendo considerados aprovados dentro do padrão CIELab, em todos os caso de redução.

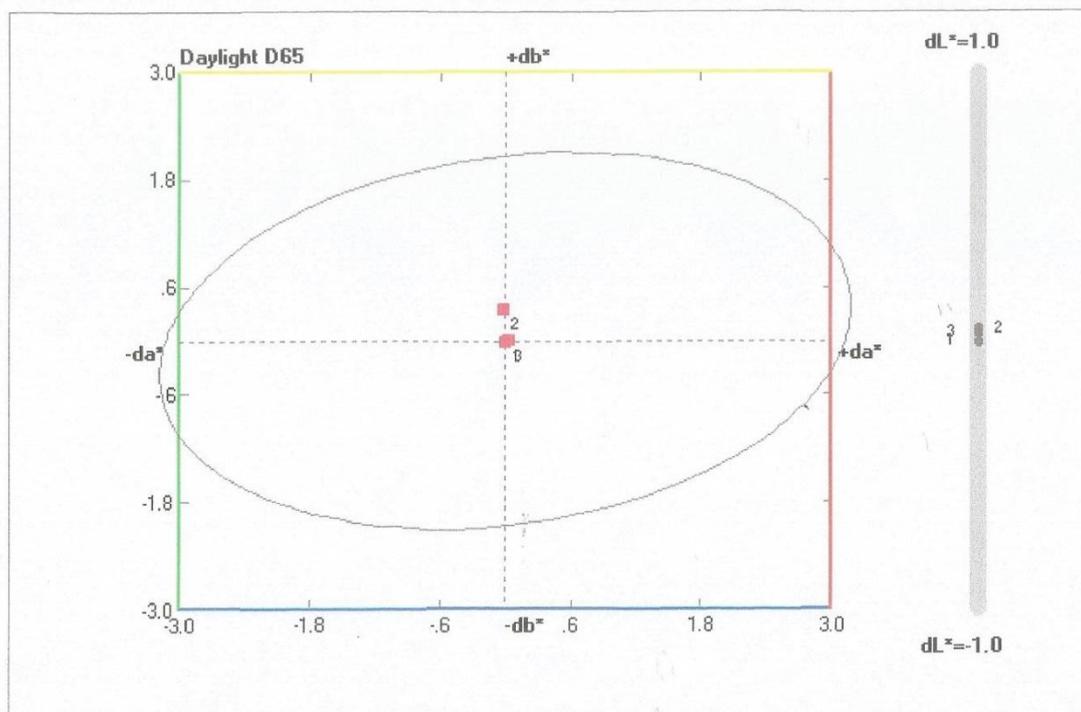
Uma vez que foi reduzido em até 40% a quantidade de sal, o desvio obtido da %STR (força colorística em relação ao padrão) teve desvio máximo ao redor de 15%, e para redução de 20% de sal, o desvio foi ao redor de 10%. Esses resultados indicam que os tingimentos feitos com redução de sal, estão dentro da margem de tolerância para aprovação de cor, sendo representados pelas elipses de tolerância (Figuras 22,23,24,25). Dessa forma, os resultados obtidos indicam que a redução não afeta de forma significativa as cores, indicando que a potencial redução de eletrólitos pode ser aplicada de forma industrial.

Tabela 4 – Resultado da análise em espectrofotômetro

CORANTE	CORANTE (%)	SAL CONC.(g/l)	CMC (ΔE)	dL (ΔL)	STR (%)
Vermelho Solimax RAB	1.00	15(padrão)	0,00	0,00	0,00
	1.00	12	0,21	0,05	100
	1.00	9	0,02	0,03	100
Vermelho Solimax RAB	3.00	25(padrão)	0,00	0,00	0,00
	3.00	20	1,22	1,19	85,6
	3.00	15	1,37	2,11	82,1
Azul Solimax FRL	1.00	15(padrão)	0,00	0,00	0,00
	1.00	12	1,27	0,41	95,8
	1.00	9	1,22	0,99	93,0
Azul Solimax FRL	3.00	25(padrão)	0,00	0,00	0,00
	3.00	20	1,03	-0,47	104,9
	3.00	15	0,60	0,38	98,2

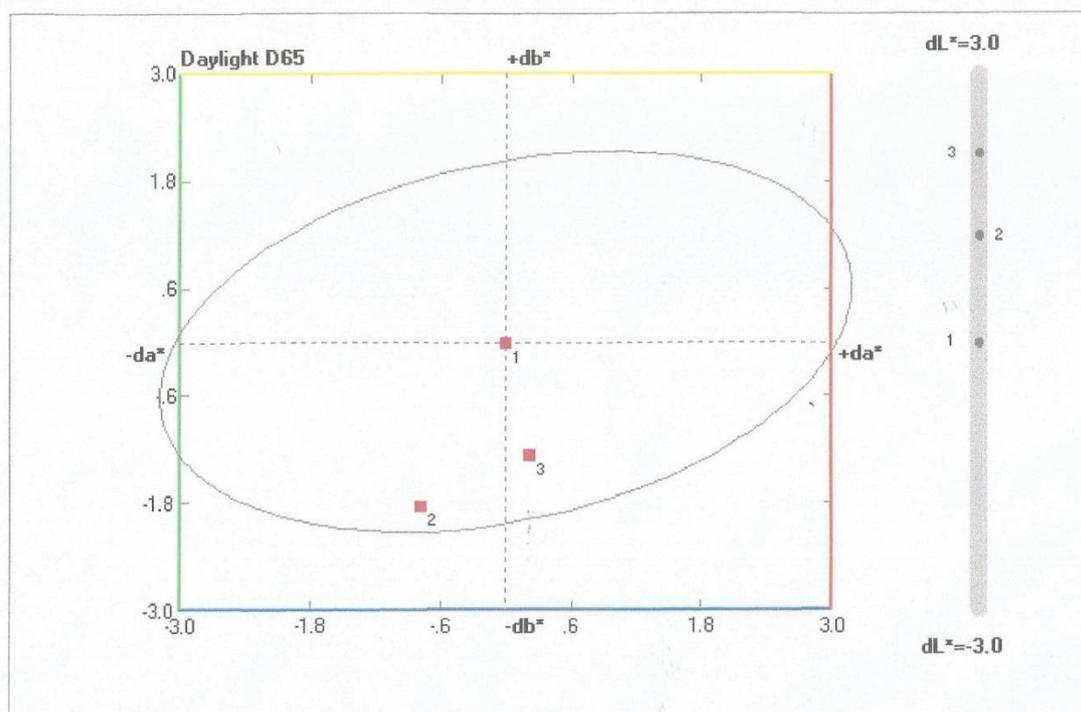
Fonte: do autor

Figura 22 – Elipse da leitura do Corante Vermelho Solimax RAB – 1,000%



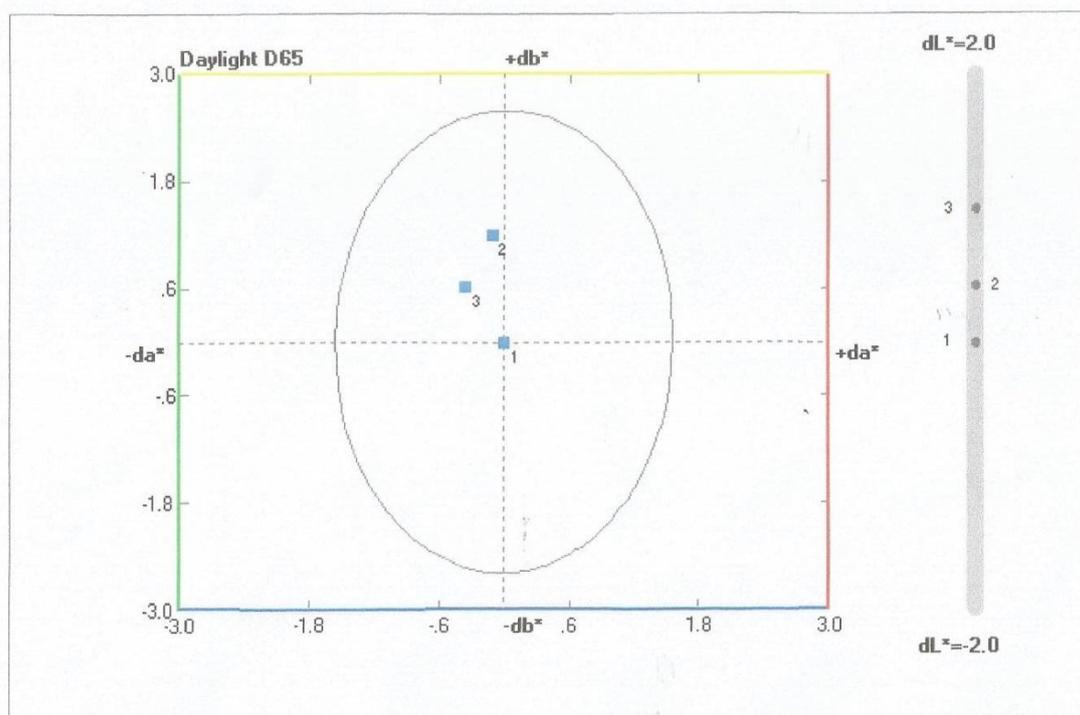
Fonte: do autor

Figura 23 – Elipse da leitura do Corante Vermelho Solimax RAB – 3,000%



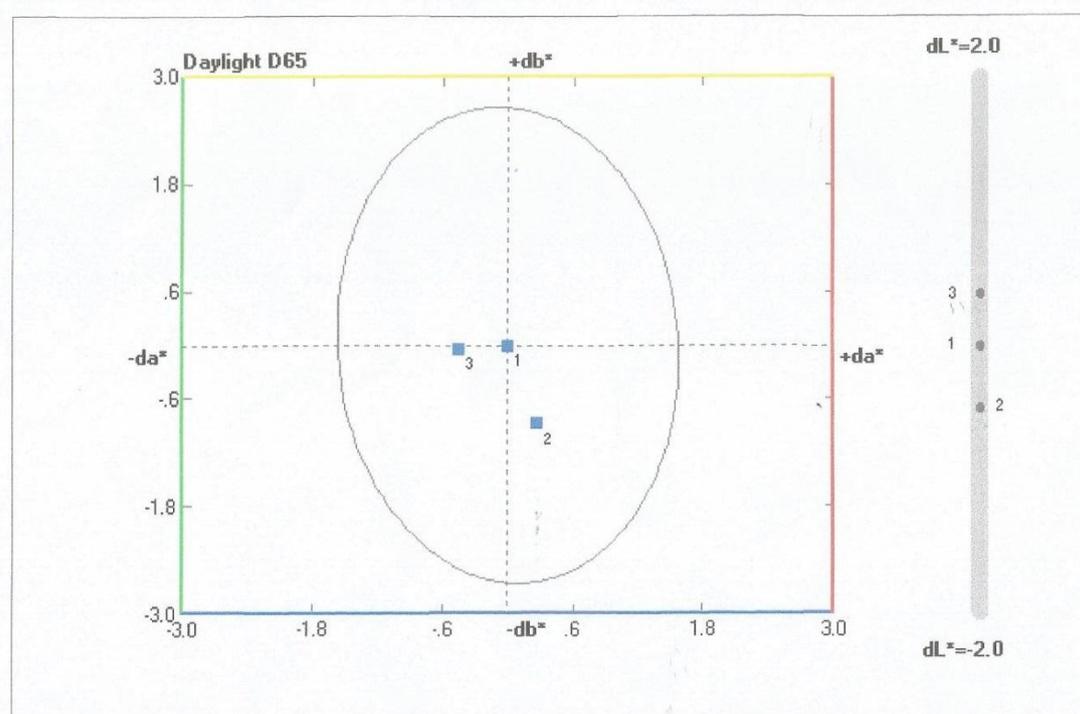
Fonte: do autor

Figura 24 – Elipse da leitura do Corante Azul Solimax FRL – 1,000%



Fonte: do autor

Figura 25 – Elipse da leitura do Corante Azul Solimax FRL – 3,000%



Fonte: do autor

4.1 AVALIAÇÃO DE SOLIDEZ

Na análise de crockmeter, que avalia as notas de solidez dos tecidos, observou-se que na escala cinza, não houve alteração pela redução do sal. A tabela 5 apresenta os resultados das amostras obtidos após os ensaios. Os resultados apresentados na Tabela 5, podem ser conferidos na figuras 26, 27, 28,29.

Tabela 5 – Notas de solidez por crockmeter

CORANTE	CORANTE CONC.(%)	SAL CONC. (g/l)	NOTA SOLIDEZ (CROCKMETER)	
			SECO	ÚMIDO
VERMELHO SOLIMAX RAB	1,000	15	5	4/5
	1,000	12	5	4/5
	1,000	9	5	4/5
VERMELHO SOLIMAX RAB	3,000	25	4/5	4
	3,000	20	4/5	4
	3,000	15	4/5	4
AZUL SOLIMAX FRL	1,000	15	5	5
	1,000	12	5	5
	1,000	9	5	5
AZUL SOLIMAX FRL	3,000	25	5	4/5
	3,000	20	5	4/5
	3,000	15	5	5

Fonte: do autor

Figura 26 – Teste de crockmeter corante Vermelho Solimax RAB à 1%.

TESTE DE CROCKMETER		
Tingimento : Direto		Data: 19/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
1,000	%	Vermelho Solimax RAB
15,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
4/5	ÚMIDO	
AMOSTRA 1		
1,000	%	Vermelho Solimax RAB
12,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
4/5	ÚMIDO	
Amostra 2		
1,000	%	Vermelho Solimax RAB
9,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
4/5	ÚMIDO	

Fonte: do autor

Figura 27 – Teste de crockmeter corante Vermelho Solimax RAB à 3%.

TESTE DE CROCKMETER		
Tingimento : Direto		Data: 19/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
3,000	%	Vermelho Solimax RAB
25,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
4/5	SECO	
4	ÚMIDO	
AMOSTRA 1		
3,000	%	Vermelho Solimax RAB
20,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
4/5	SECO	
4	ÚMIDO	
Amostra 2		
3,000	%	Vermelho Solimax RAB
15,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
4/5	SECO	
4	ÚMIDO	



Fonte: do autor

Figura 28 – Teste de crockmeter corante Azul Solimax FRL à 1%.

TESTE DE CROCKMETER		
Tingimento : Direto		Data: 19/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
1,000	%	Azul Solimax FRL
15,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
5	ÚMIDO	
		
AMOSTRA 1		
1,000	%	Azul Solimax FRL
12,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
5	ÚMIDO	
		
Amostra 2		
1,000	%	Azul Solimax FRL
9,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
5	ÚMIDO	
		

Fonte: do autor

Figura 29 – Teste de crockmeter corante Azul Solimax FRL à 3%.

TESTE DE CROCKMETER		
Tingimento : Direto		Data: 19/04/2018
Artigo: Percal	Composição: 100% CO	
Amostra Padrão		
3,000	%	Azul Solimax FRL
25,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
4/5	ÚMIDO	
AMOSTRA 1		
3,000	%	Azul Solimax FRL
20,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
4/5	ÚMIDO	
Amostra 2		
3,000	%	Azul Solimax FRL
15,000	g/l	Cloreto de Sódio
NOTAS		
5	SECO	
5	ÚMIDO	

Fonte: do autor

4.2 CONSUMO DE SAL NA TINTURARIA PRIMOR

Obtivemos o consumo atual de sal dentro da tinturaria da empresa Primor e de acordo com o valores apresentados, podemos estimar qual seria a média de consumo mensal e anual, bem como, a economia presumida pela redução sugerida de 20% na aplicação do sal no tingimento direto.

Tabela 6 – Consumo de Sal na tinturaria Primor

SAL (NaCl)	CONSUMO MENSAL (Kg)	CUSTO (Kg)	TOTAL MÊS	TOTAL ANUAL
PRIMOR	6.000	R\$0,55	R\$3.300,00	R\$39.600,00
REDUÇÃO 20%	4.800	R\$0,55	R\$2.640,00	R\$31.680,00
ECONOMIA	1.200	R\$0,55	R\$660,00	R\$7.920,00

Fonte: do autor

5 CONCLUSÃO

O setor têxtil no Brasil sofre a cada dia com a competitividade do mercado externo e com a falta de políticas públicas para a melhora do consumo interno no país. O que leva as indústrias a buscar cada vez mais alternativas para a redução de gastos.

Ainda que, a otimização de gastos seja algo inerente a todos os setores de negócios, uma redução que pareça ser pouco significativa em curto prazo, ao final de um ano, temos um valor expressivo que poderia ser investido em manutenção preventiva ou direcionado para outros benefícios dentro da empresa.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, observamos que a tabela de sal adotada pela empresa, por indicação do fornecedor, poderia ser otimizada, sem que afete a qualidade do processo e resultado final do tingimento. Levando-se em consideração uma margem de segurança nos processos industriais, a redução de 20% na quantidade de sal pode ser aplicada sem nenhuma alteração na qualidade dos serviços de beneficiamento secundário (Tingimentos) feitos na tinturaria.

Em termos de valor real, obtemos economia de aproximadamente R\$8.000,00 reais/ano só em consumo de uma matéria prima, neste caso o sal, sem levar em consideração a possível economia em manutenção dos equipamentos, troca de peças, que possivelmente levariam muito mais tempo para serem substituídas, pois a deposição do sal acaba desgastando muito os equipamentos dentro da tinturaria.

6 BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, Mário de; MELO E CASTRO, E.M. de. **Manual de Engenharia Têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984. Vol 2.

BURDETT, B. C. **Influência da estrutura da fibra na absorção de corantes - Tradução para o curso de extensão “Química dos Corantes”** – Centro de Tecnologia – UNICAMP.

EXATACOR. **Ação de produtos químicos sobre tingimento**. Disponível em: <<http://www.exatacor.com.br/acao-de-produtos-quimicos.php>>. Acesso em: 14/05/2018.

GONÇALVES, Daniele C. da S.; Duciane. O. FREITA; Késia K. de O. SOUTO; Ronald X. BARBOSA, Tatiana R. FERREIRA. **Fibras Celulósicas**. UFRN. Novembro de 2003.

GONÇALVES, Rogério A. M. **Otimização do tingimento de fibras de algodão com corantes reativos bifuncionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho. 2017.

GUARATINI, C. C. I., ZANONI, M. V. B. **Corantes Têxteis**. Química Nova, Vol. 23, p. 71-78, 2000.

J.A. KING'S. **Manual Crockmeters KFG – 2031**. Disponível em: <<https://www.jaking.com/products/tft/fabric-garment-testing/crockmeters-manual-electronic/>>. Acesso em: 14/05/2018.

KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS, INC. 2013. **Entendendo o Espaço de Cor L*a*b***. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 27/05/2018.

LOPES, Lincoln da C. **Controle Metrológico da Cor Aplicado à Estamparia Digital de Materiais Têxteis**. Tese de Mestrado. Rio de Janeiro: PUC- R.J. 2009.

MALUF E. E KOLBE W. **Manual Dados Técnicos para Indústria Têxtil**. 2ª edição, São Paulo: IPT, p. 01-63, 195-269, 2003.

MEDINA, J. C. **Plantas fibrosas da flora mundial**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1959.

MORAES, Cristina M. de. **Estudo da Difusão de Corantes Reativos em Tecido de Algodão**. Campinas: UNICAMP. 2010.

SALEM, V. **Tingimento Têxtil: Apostila do Curso de Tingimento Têxtil**. Golden Química do Brasil, Módulo I e II, Novembro de 2000.

TEXCONTROL. **Escala Cinza AATCC EP 2 Transferência de cor TC 259-B**. Disponível em: < <http://texcontrol.com.br/produto/escala-cinza-transferenciadecor-tc259b/>>. Acesso em: 26/05/2018.

VIANA, T.C.; **Corantes Naturais na Indústria Têxtil: Como Combinar Experiências do Passado com as Demandas do Futuro?** Escola de Design da Universidade Federal de Minas Gerais, Dissertação de Mestrado, 2012.